



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤① Int. Cl.³: A 23 C 21/00

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑪

632 649

⑮① Numéro de la demande: 3805/78

⑮② Date de dépôt: 10.04.1978

⑮③ Priorité(s): 23.05.1977 FR 77 15732

⑮④ Brevet délivré le: 29.10.1982

⑮⑤ Fascicule du brevet
publié le: 29.10.1982⑮⑦ Titulaire(s):
Société des Produits Nestlé S.A., Vevey⑮⑧ Inventeur(s):
Michel Chavéron, Vevey
Jaak-Jüri Sihver, Villeneuve VD
Hubert Duperrex, La Tour-de-Peilz

⑮④ Procédé de traitement du lactosérum.

⑮⑤ La présente invention se rapporte à un procédé et à un dispositif de traitement du lactosérum ou petit-lait en vue d'obtenir un lactosérum déminéralisé.

Dans ce procédé, on soumet un lactosérum à l'état clarifié et écrémé, d'abord à une électrodialyse, puis à un échange d'ions à l'aide d'une résine cationique forte en cycle H^+ et d'une résine anionique faible en cycle OH^- .

On obtient ainsi aisément des sérums déminéralisés à plus de 90 % qui peuvent être utilisés par exemple dans la préparation de produits infantiles ou diététiques.

REVENDECATIONS

1. Procédé de traitement du lactosérum en vue d'obtenir un lactosérum déminéralisé, caractérisé par le fait que l'on soumet un lactosérum à l'état clarifié et écrémé, d'abord à une électrodialyse, puis à un échange d'ions à l'aide d'une résine cationique forte en cycle H^+ et d'une résine anionique faible en cycle OH^- .
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le lactosérum est clarifié par élimination des particules ayant des dimensions supérieures à $100 \mu m$.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le lactosérum est écrémé jusqu'à un taux de matières grasses résiduel inférieur à 0,05%.
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le lactosérum a une teneur en matières sèches comprise entre 18 et 25% en poids.
5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'électrodialyse est conduite à une température comprise entre 10 et $20^\circ C$.
6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'électrodialyse est conduite sous une intensité de courant comprise entre 15 et 40 mA par mètre carré de membrane.
7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le produit intermédiaire obtenu après électrodialyse est déminéralisé à un taux compris entre 30 et 60% en poids par rapport au lactosérum de départ.
8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le produit intermédiaire obtenu après électrodialyse est pasteurisé avant d'être soumis à l'échange d'ions.
9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'échange d'ions est conduit à une température comprise entre 4 et $10^\circ C$.
10. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le lactosérum déminéralisé est obtenu à un taux de déminéralisation compris entre 90 et 98% en poids par rapport au lactosérum de départ.
11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que les résines échangeuses d'ions sont régénérées à l'aide d'acide chlorhydrique pour la résine cationique et de soude ou d'ammoniaque pour la résine anionique.
12. Procédé selon les revendications 1 et 11, caractérisé par le fait que les têtes de régénération sont constituées des queues de régénération d'un cycle de régénération précédent.
13. Lactosérum déminéralisé obtenu selon la revendication 1.
14. Utilisation du lactosérum déminéralisé selon la revendication 13 dans la préparation de produits infantiles ou diététiques.
15. Utilisation du lactosérum déminéralisé selon la revendication 13 en mélange avec du lactosérum brut, dans la préparation de produits infantiles ou diététiques.
16. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comprend, disposées en série d'amont en aval, une unité d'électrodialyse et une unité d'échange d'ions.
17. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 16, caractérisé par le fait qu'il comprend une unité de pasteurisation entre l'unité d'électrodialyse et l'unité d'échange d'ions.
18. Dispositif selon l'une des revendications 16 ou 17, caractérisé par le fait qu'il comprend, en tête, une unité de préconcentration, une unité de clarification et une unité d'écumage et, en queue, une unité de pasteurisation, une unité de concentration et une unité de séchage.

Le lactosérum ou petit-lait est le sous-produit de la transformation du lait en fromage, en caséine ou en dérivés de la caséine. La valorisation de ce sous-produit est actuellement réalisée de diverses manières, mais, malgré sa valeur nutritive élevée, seuls de faibles tonnages ont trouvé un débouché dans l'industrie alimentaire humaine. Par exemple l'utilisation du lactosérum dans l'alimentation infantile, notamment dans la préparation des laits humanisés et des laits spéciaux, est limitée par le fait que ce produit est proportionnellement trop riche en sels minéraux et qu'il doit être déminéralisé, ce qui, sur le plan industriel, est une opération coûteuse dont la rentabilité est aléatoire.

De nombreuses techniques de déminéralisation peuvent être envisagées, en particulier l'ultrafiltration, l'osmose inverse, l'électrodialyse et l'échange d'ions. Les deux premières sont trop spécifiques et, de ce fait, seules les deux dernières ont trouvé une réelle application industrielle.

L'électrodialyse est une technique électrochimique qui permet d'éliminer sélectivement les sels ionisés d'une solution par migration sous l'action d'un champ électrique à travers des membranes sélectivement perméables aux cations et aux anions. Elle est spécialement onéreuse lorsque la solution à traiter a une concentration saline faible ou lorsqu'on veut atteindre des taux de déminéralisation poussés.

L'échange d'ions est une technique qui est fondée sur le principe des équilibres ioniques existant entre une phase solide et une phase liquide et fait appel à des phénomènes d'absorption et d'exclusion. De grandes quantités d'eau sont nécessaires et des réactifs de régénération doivent être utilisés en abondance, réactifs dont on ne sait trop que faire après usage. Par ailleurs, elle ne permet pas d'obtenir nécessairement le même type de déminéralisation que l'électrodialyse, et vice versa.

Selon l'invention, on propose un procédé de traitement de lactosérum qui minimise le plus possible les inconvénients évoqués ci-dessus, tout en présentant de nombreux avantages quant à la qualité du produit obtenu, aux coûts et rendements industriels et à l'encombrement des installations de mise en œuvre. Ce procédé est caractérisé par le fait que l'on soumet un lactosérum à l'état clarifié et écrémé, d'abord à une électrodialyse, puis à un échange d'ions à l'aide d'une résine cationique forte en cycle H^+ et d'une résine anionique faible en cycle OH^- .

Le lactosérum, qu'il s'agisse de lactosérum de fromagerie ou de lactosérum de caséinerie, a habituellement une composition comme suit:

	Lactosérum doux	Lactosérum acide
Lactose	4,0 à 5,0%	4,0 à 5,0%
Protéines (lactalbumine essentiellement)	0,6 à 0,8%	0,6 à 0,7%
Sels minéraux (Na^+ , K^+ , Ca^{++} surtout)	0,4 à 0,6%	0,7 à 0,8%
Matières grasses	0,2 à 0,4%	0,05 à 0,1%
Extrait sec total (teneur en matières sèches)	5,3 à 6,6%	5,3 à 6,0%
Acidité en degrés Dornic	14 à 16	43 à 48
pH	5,9 à 6,5	4,3 à 4,6

On voit donc que le lactosérum est proportionnellement (aux protéines notamment) très riche en sels minéraux, bien que ceux-ci y soient dans un état de très grande dilution. On préfère d'ailleurs utiliser comme matière de départ un lactosérum concentré, avantageusement concentré thermiquement dans des conditions de chauffage modérées jusqu'à un extrait sec compris entre 18 et 25%. Ce lactosérum, qu'il soit de fromagerie ou de caséinerie, qu'il soit

brut ou concentré, contient généralement de fines particules en suspension et doit être clarifié avant d'être soumis à l'électrodialyse. On a constaté qu'il convenait d'en éliminer les particules ayant des dimensions supérieures à 100 μm ; on a constaté également qu'il convenait de l'écrémer, jusqu'à atteindre un taux de matières grasses résiduel inférieur à 0,05% environ. Ces opérations peuvent être menées à bien par exemple par filtration (stérile si désirée) et centrifugation à haute vitesse, éventuellement par bactofugation, comme cela est bien connu dans la technique laitière. Il va de soi que l'on peut également utiliser un lactosérum reconstitué à partir d'une poudre de lactosérum et, s'il y a lieu, clarifié et écrémé.

Ainsi qu'il a été indiqué plus haut, l'électrodialyse et l'échange d'ions sont des techniques de déminéralisation bien connues en soi. Pour une initiation à ces techniques, de même que pour l'application séparée de celles-ci à la déminéralisation des lactosérums, on se rapportera avantageusement à l'article de W. Ulrich dans «Schweizerische Milchwirtschaftliche Forschung», 5, 99 (1976).

En ce qui concerne l'électrodialyse en tant que première étape du procédé selon l'invention, on a remarqué que les conditions de travail suivantes étaient les plus avantageuses:

température: de 10 à 50° C, de préférence de 10 à 20° C

tension: de 0,05 à 0,09 V/cm/g d'extrait sec

intensité: de 15 à 40 mA/cm² de membrane

ce qui correspond, pour un lactosérum de 18 à 25% d'extrait sec, ayant une résistivité comprise entre 200 et 90 Ω/cm , à une tension globale de 240 à 450 V aux bornes d'un électrodialyseur ayant par exemple une capacité de production de 50 000 l/d de sérum déminéralisé à 90% et comprenant 200 cellules, soit 1,4 à 2,25 V par cellule.

Le temps d'électrodialyse est, dans ces conditions, typiquement compris entre 3 et 6 h, variable avec le taux de déminéralisation transitoire souhaité. De la sorte, on traite entre 0,9 et 6 kg d'extrait sec par mètre carré de membrane par heure. Pour un lactosérum brut à 6% d'extrait sec environ, les valeurs sont respectivement de 60 Ω/cm et de 260 à 380 V.

Pour des raisons d'ordre bactériologique, on évite de dépasser une température de 20° C, à moins de conduire l'électrodialyse en présence d'un agent antibactérien, comme l'eau oxygénée par exemple. De préférence, les membranes sont constituées de polystyrènes-divinylbenzènes sulfonés (membranes cationiques) et de polystyrènes-divinylbenzènes aminés (membranes anioniques) fixés sur les polymères fibreux inertes, par exemple *Saran et *Dynal. Il s'agit en fait de résines échangeuses d'ions mises sous forme de membranes.

A l'issue de l'électrodialyse, on récupère, à titre de produit intermédiaire, un lactosérum partiellement déminéralisé, dont le pH et l'extrait sec sont comparables au lactosérum de départ. Le taux de déminéralisation peut atteindre jusqu'à 90%, mais on préfère normalement s'en tenir à un taux compris entre 30 et 60%, par exemple entre 40 et 45%. La déminéralisation est proportionnellement plus importante en ions monovalents, Na⁺ et K⁺ par exemple, qu'en ions divalents, Ca⁺⁺ par exemple.

L'échange d'ions, qui constitue la deuxième étape du procédé selon l'invention, peut être menée en lits mélangés, le produit étant mis en contact avec un mélange de résines cationique forte et anionique faible, ou en lits séparés, variante qui en l'occurrence est plus favorable. Dans ce cas, le produit intermédiaire est envoyé successivement sur une résine cationique forte en cycle H⁺, puis sur une résine anionique faible en cycle OH⁻. Comme résine, on peut employer aussi des polymères sulfonés (résines cationiques), par exemple des *Amberlite IR 120 et IR 200, respectivement des polymères aminés (résines anioniques), par exemple, les *Amberlite IRA 93 et IRA 68, éventuellement préparées spécialement ou régénérées pour être en cycle H⁺, respectivement en cycle OH⁻.

Selon une variante du procédé, le produit intermédiaire est pasteurisé avant d'être envoyé sur les résines.

La mise en contact peut se réaliser par mise en suspension de la résine dans le produit intermédiaire à traiter, ou par percolation de celui-ci à travers la résine disposée dans une colonne par exemple, à

une température comprise entre 4 et 50° C, de préférence entre 4 et 10° C. On évite de dépasser la température de 10° C également pour des raisons bactériologiques, à moins que l'échange d'ions soit effectué en présence d'un agent antibactérien. La quantité de lactosérum électrodialysé (exprimée sous forme d'extrait sec) que l'on peut traiter dépend tout à la fois du taux de déminéralisation résultant de l'électrodialyse, du pH du lactosérum à traiter et du pH du lactosérum déminéralisé que l'on veut obtenir après échange d'ions ainsi qu'évidemment du taux de déminéralisation final désiré.

On a remarqué, par exemple, que l'on pouvait travailler de 0,8 à 1,2 kg d'extrait sec par équivalent total d'échange ionique (valence-gramme d'échange par unité de poids ou de volume de résine) pour du lactosérum doux destiné à donner un lactosérum déminéralisé à 90% ayant un pH compris entre 4,5 et 6,5.

Le lactosérum déminéralisé ainsi obtenu est en général légèrement plus dilué que le produit de départ. Le taux de déminéralisation total peut atteindre sans problème 90 à 98% et aussi bien les ions alcalins que les ions alcalino-terreux sont éliminés, de même que les chlorures notamment. Les pertes en protéines et lactose sont faibles; elles dépendent de la qualité des résines échangeuses d'ions choisies.

Avantageusement, on le standardise (c'est-à-dire qu'on réajuste sa composition à une composition standard, par exemple comme indiqué dans le brevet français N° 1523106) et on le pasteurise. Si désiré, on peut le sécher, en tour par exemple, après préconcentration

s'il y a lieu.

Ce lactosérum déminéralisé trouve une application toute naturelle en diététique, notamment dans la préparation des laits humanisés et des laits de régime. Il est produit au moindre coût, par un procédé qui représente un optimum sur le plan industriel. Au prix d'un entretien du matériel employé quelque peu supérieur et de la nécessité d'utiliser une main-d'œuvre qualifiée, ledit procédé présente, par rapport aux procédés purs d'électrodialyse et d'échange d'ions, des avantages déterminants tels que, par exemple:

- la production à un prix de revient minimal pour un même taux de déminéralisation,
- une grande souplesse d'obtention de lactosérums à des taux de déminéralisation variable,
- la possibilité de travailler de gros litrages avec un encombrement réduit.

Bien entendu, pour une bonne mise en œuvre du procédé, l'élément d'électrodialyse doit être nettoyé entre chaque opération unitaire, par exemple par lavage chimique (acide chlorhydrique, puis soude ou ammoniacale), par lavage au détergent ou encore par lavage à l'aide d'une solution enzymatique, suivi d'un rinçage à l'eau tiède ou chaude. Les résines échangeuses d'ions doivent, elles, être périodiquement régénérées par un acide, l'acide chlorhydrique par exemple, respectivement par une base, la soude ou l'ammoniaque par exemple, puis rincées. En employant pour les têtes de régénération les réactifs acides ou basiques issus d'une régénération précédente et en réservant les réactifs neufs aux queues de régénération, il est possible de réaliser de substantielles économies.

Un dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention comprend, disposées en série d'amont en aval, une unité d'électrodialyse et une unité d'échanges d'ions. Ce dispositif est avantageusement complété, afin de fonctionner en continu, en tête, d'une unité de préconcentration, d'une unité de clarification, en particulier par filtration fine stérile, et d'une unité d'écumage; d'une unité de pasteurisation entre l'unité d'électrodialyse et l'unité d'échange d'ions; et, en queue, à nouveau d'une unité de pasteurisation, d'une unité de concentration et d'une unité de séchage. On y trouve également des cuves-tampons destinées à régulariser les à-coups de fabrication et surtout à permettre une marche en continu à partir d'unités telles que l'électrodialyse et l'échange d'ions qui travaillent par charges élémentaires. Celles-ci peuvent être multiples et composées chacune de plusieurs éléments disposés en parallèle, par exemple selon le type d'appareillage utilisé, 1 à 3 éléments d'électrodialyse en parallèle pour 2 éléments d'échanges d'ions sur colonnes (2 colonnes cationiques en parallèle, puis 2 colonnes anioniques en parallèle).

Exemples :

Les exemples suivants, où les données numériques sont exprimées en valeurs pondérales, illustrent la mise en œuvre du procédé selon l'invention. Tous ces exemples ont été réalisés à l'aide du dispositif indiqué ci-après et qui comprend d'amont en aval au moins les éléments principaux suivants :

- 1 cuve-tampon de réception du lactosérum préconcentré à un extrait sec de 20% environ,
 - 1 préchauffeur-refroidisseur,
 - 1 écrémeuse,
 - 1 filtre à 100 μm
 - 3 éléments d'électrodialyse [®] Ionics comprenant 200 cellules chacun et de 50 m² de surface totale de membrane par élément, disposés en parallèle, ou 1 élément [®] SPTI,
 - 1 cuve-tampon,
 - 1 pasteurisateur-refroidisseur,
 - 2 colonnes d'échange d'ions cationiques, disposées en parallèle d'une capacité d'échange de 1200 Eq chacune,
 - 2 colonnes d'échange d'ions anioniques, disposées en parallèle, d'une capacité d'échange de 1200 Eq chacune,
 - 1 cuve-tampon,
 - 1 pasteurisateur,
 - 1 évaporateur triple ou quadruple effet,
 - 1 tour de séchage
- ainsi que des pompes de circulation.

Dans ces exemples, de même d'ailleurs que dans le reste du texte, revendications comprises, le taux de déminéralisation représente le rapport, exprimé en pour-cent, des quantités de sels minéraux éliminés du lactosérum (c'est-à-dire la différence entre les quantités de sels minéraux du lactosérum de départ et les quantités résiduelles du lactosérum déminéralisé) aux quantités de sels minéraux du lactosérum de départ, ramené aux mêmes pourcentages de matières sèches.

Exemple 1 :

On envoie dans le dispositif précité 20 000 l de lactosérum doux (pH = 6,1) provenant de la fabrication de fromages à pâte cuite, préalablement concentré sous pression réduite, entre 70 et 42°C, dans un appareil quadruple effet jusqu'à un extrait sec de 20% (183 g/l).

Ce lactosérum dont la composition est la suivante :

densité à 20°C	d = 1,09
extrait sec total	183 g/l
cendres (sels minéraux)	16 g/l
Na ⁺	1,12 g/l
K ⁺	4,49 g/l
Ca ⁺⁺	0,9 g/l
Mg ⁺⁺	0,022 g/l
phosphate	3,5 g/l
citrate	5,2 g/l
Cl ⁻	3,4 g/l
acide lactique	2,7 g/l
pH	6,1

est préchauffé à 43°C, puis écrémé sous 4000 g, refroidi à 20°C et envoyé dans les éléments d'électrodialyse où il séjourne environ 4 h sous une tension totale variant de 240 à 450 V. On obtient de la sorte un lactosérum intermédiaire (19,4% d'extrait sec = 180 g/l) dont le taux de déminéralisation est de 42,8% et qui a la composition suivante :

densité à 20°C	d = 1,077
extrait sec total	180 g/l
sels minéraux	9,0 g/l
Na ⁺	0,64 g/l
K ⁺	2,03 g/l
Ca ⁺⁺	0,4 g/l
Mg ⁺⁺	0,12 g/l
phosphate	2,9 g/l
citrate	5,0 g/l

Cl ⁻	1,66 g/l
acide lactique	1,8 g/l
pH	6,0

Après pasteurisation à 72°C pendant 15 s par injection de vapeur, ce lactosérum partiellement déminéralisé, refroidi à 6°C, est envoyé pendant 2 h sur les deux séries de colonnes échangeuses d'ions (cationique d'abord au cycle H⁺, puis anionique en cycle OH⁻). La vitesse de passage est de 4,1 m/h, soit, pour la colonne cationique, 0,48 Eq cationique/Eq d'échange ionique/h. Le lactosérum obtenu, déminéralisé à 93,5%, a la composition suivante :

	En %	En g/l
Lactose	12,51	118,6
Protéines	2,07	19,6
Sels minéraux	0,08	0,8
dont Na ⁺	0,008	0,076
K ⁺	0,006	0,057
Ca ⁺⁺	0,003	0,028
Cl ⁻	0,011	0,104
phosphate	0,036	0,340
Matières grasses	0,14	1,3
Extrait sec total	14,8	140,3
pH = 4,8		
Densité à 20°C	d = 1,05	

Dans ces conditions, 13,4 kg d'extrait sec de lactosérum par mètre carré de membrane ont été traités par électrodialyse et 1,8 kg par équivalent d'échange cationique.

A ce sérum déminéralisé acide, on ajoute 3000 l de sérum brut (comme décrit dans le brevet français N° 1523106 par exemple). Le mélange est alors amené à pH = 6,6 à l'aide d'une solution de potasse à 20-30%.

Le produit ainsi obtenu est pasteurisé, préconcentré à 50% d'extrait sec (417 g/l), puis séché par atomisation.

L'unité d'électrodialyse est nettoyée par des rinçages successifs à l'eau, à la soude 0,2M, à l'eau et à l'acide chlorhydrique 0,2M.

Les colonnes de résines échangeuses d'ions sont lavées abondamment à l'eau, puis régénérées séparément :

— colonne cationique par passage d'acide chlorhydrique récupéré d'un cycle de régénération précédent pendant 12 min au débit de 0,05 Eq/Eq d'échange ionique/min; cette première opération est suivie par un passage d'acide chlorhydrique neuf pendant 20 min au débit de 0,1 Eq/Eq d'échange ionique/min; l'effluent acide de cette dernière opération est conservé en partie, pour servir de tête de régénération au cycle suivant; on réalise ainsi une économie de 20% par rapport à l'emploi direct de réactifs neufs;

— colonne anionique par passage de soude récupérée d'un cycle de régénération précédent pendant 10 min au débit de 0,04 Eq/Eq d'échange ionique/min; cette première opération est suivie, comme précédemment, par un passage de soude neuve pendant 25 min au débit de 0,07 Eq/Eq d'échange ionique/min; l'effluent basique de cette dernière opération est conservé en partie pour servir de tête de régénération au cycle suivant; on réalise ainsi là une économie comparable à celle qui est indiquée plus haut.

La régénération des deux types de colonnes étant réalisée, on procède normalement au lavage à l'eau des résines, puis au détassage de celles-ci par rétrolavage à l'eau.

Exemples comparatifs

a) On traite un lactosérum doux préparé comme indiqué en début de l'exemple 1 par électrodialyse seule, en poussant celle-ci

jusqu'à un taux de déminéralisation de 90%. On constate que seulement 3,6 kg d'extrait sec de lactosérum peuvent être traités par mètre carré de membrane, soit 3,7 fois moins environ. Le rendement horaire est donc plus faible de cet ordre de grandeur et, en outre, la puissance électrique doit être fortement augmentée pour compenser l'abaissement de la conductibilité électrique au fur et à mesure que le lactosérum se déminéralise.

b) On traite un lactosérum doux par pur échange d'ions, dans les conditions mentionnées au milieu de l'exemple 1. On constate que, pour atteindre un taux de déminéralisation comparable, soit 90%, seulement 0,7 kg d'extrait sec de lactosérum par équivalent cationique peut être traité, soit 2,6 fois moins. Pour un même rendement horaire, il faut donc utiliser 2,6 fois plus de résine, ce qui nécessite des installations plus encombrantes et surtout la mise en jeu de 2,6 fois plus de réactifs de régénérations dont on ne sait trop comment les éliminer.

Sur le plan du coût, un jumelage électrodialyse/échangeurs d'ions permet une économie de l'ordre de 20 à 30% sur les frais variables de production par rapport à chacune des techniques prises séparément.

Exemple 2:

On répète ce qui est décrit à l'exemple 1, mais à partir de 20 000 l d'un lactosérum doux de fromages à pâte pressée, préconcentré à 22% d'extrait sec et ayant environ 17,3 g/l de cendres. Par électrodialyse pendant 6 h, on obtient un lactosérum intermédiaire (21,3% d'extrait sec) déminéralisé à 56,5%. Ce sérum intermédiaire, refroidi à 6°C, est envoyé sur les résines échangeuses d'ions, d'abord une cationique travaillant en cycle H^+ , puis une anionique travaillant en cycle OH^- . La vitesse de passage est de 4,2 m/h.

On obtient de la sorte un lactosérum déminéralisé à 92,8% qui a la composition suivante:

	En %	En g/l
Lactose	14,12	132,9
Protéines	1,95	18,4
Sels minéraux	0,10	0,9
dont Na^+	0,010	0,094
K^+	0,007	0,085
Ca^{++}	0,004	0,037
Cl^-	0,009	0,084
Matières grasses	0,13	1,2
Extrait sec total	16,3	153,4
pH = 4,6		
Densité à 20°C	d = 1,062	

Le pH est alors ajusté à 6,8 à l'aide de soude à 20%. Le sérum est alors concentré par évaporation à 50%, puis séché par atomisation.

Exemple 3:

On traite, comme décrit à l'exemple 1, du lactosérum acide (pH = 4,8, acidité = 42° Dornic) de Cottage Cheese, préconcentré à 21% et ayant environ 21,2 g/l de cendres. Par électrodialyse pendant 4 h, on obtient un lactosérum intermédiaire acide déminéralisé à 41,3% (pH = 5,0, acidité = 100° Dornic, extrait sec = 19,3%), que l'on envoie sur les résines échangeuses en cycle H^+ et OH^- respectivement, au débit de 3,8 m³/h.

On obtient ainsi un lactosérum déminéralisé à 91,8% qui a la composition suivante:

	En %	En g/l
Lactose	13,04	123,2
Protéines	1,97	18,6
Sels minéraux	0,14	1,3
dont Na^+	0,008	0,075
K^+	0,006	0,056
Ca^{++}	0,005	0,047
Cl^-	0,006	0,056
Matières grasses	0,05	0,5
Extrait sec total	15,2	143,6
pH = 4,6		
Densité à 20°C	d = 1,058	

Les colonnes sont régénérées comme décrit à l'exemple 1, avec toutefois les modifications suivantes:

- colonne cationique: débit 0,09 Eq HCl/Eq d'échange ionique/min, pendant 33 min;
- colonne anionique: débit 0,08 Eq NH_4OH /Eq d'échange ionique/min, pendant 27,5 min.

Exemple 4:

La poudre de lactosérum déminéralisé préparée selon l'exemple 1 est utilisée dans la préparation d'un lait maternisé. Pour la fabrication de 1000 kg de poudre sèche, on mélange 562 kg de poudre de lactosérum déminéralisé à un lait standardisé froid contenant 250 kg de matière grasse répartie en 198 kg de graisse lactique et 52 kg d'huile de maïs, et ayant une teneur en matière sèche dégraissée de 156 kg. Ce lait standardisé en matière grasse aura au préalable été pasteurisé à 102°C afin de réduire au maximum l'action de la lipase.

Au mélange froid de lactosérum déminéralisé et de lait standardisé, on ajoute les ingrédients suivants:

glycocolle	= 50 kg
citrate tricalcique	= 40 kg
fer	= 51 g sous la forme d'un sel de fer soluble, de saccharate de fer, de chlorure de fer ou d'un autre sel de fer
vitamine A	= 15 000 000 UI
vitamine C	= 600 g
vitamine B ₁	= 4 g
vitamine B ₆	= 12 g
vitamine B ₁₂	= 20 g
vitamine PP	= 80 g
pantothénate de Ca	= 40 g
acide folique	= 300 mg

Ces substances permettent d'obtenir un produit dont la composition est proche de celle du lait maternel.

Le mélange ainsi obtenu est pasteurisé à 110°C pendant 10 s et concentré jusqu'à un extrait sec de 45% dans un appareil à film tombant, ce type d'appareil permettant de limiter au maximum le taux de dénaturation des protéines sériques et le blocage de la lysine.

La concentration est suivie immédiatement par une homogénéisation à une pression de 100 kg/cm² et une température de 50°C. La masse homogénéisée chaude est envoyée directement dans une tour de séchage par pulvérisation dont les conditions sont:

température air chaud	200 à 250°C
pression air chaud	0,13 atm
température air sortant	95°C

La poudre refroidie, qui a un poids spécifique de 465 g/l, est

conditionnée dans son emballage définitif. Elle présente la composition suivante:

matière grasse	=	26,0%
protéines	=	12,5%
soit:		4,5% caséine
		5,5% protéines sériques
		1,5% composés azotés non protéiques
lactose	=	56,2%
cendres	=	2,3%
eau	=	3 %

La composition en cendres est la suivante:

Na ⁺	=	0,20%
K ⁺	=	0,60%
Mg ⁺⁺	=	0,04%
Ca ⁺⁺	=	0,39%
Cl ⁻	=	0,30%
phosphate	=	0,90%

La reconstitution du produit s'obtient en dissolvant 15 g de lait
10 en poudre dans 90 cm³ d'eau.